

**Розробка та дослідження енергозберігаючої світлодіодної люстри з тепловими трубами для внутрішнього освітлення приміщень.**

**Разработка и исследование энергосберегающей светодиодной люстры с тепловыми трубами для внутреннего освещения помещений.**

**Development and research of energy-saving LED chandeliers with heat pipes for indoor lighting.**

**1. Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті : № 0114U001525, НТУУ «КПІ» - 2720-п.**

**2. Науковий керівник:** НИКОЛАЄНКО Юрій Єгорович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник кафедри АЕС і ІТФ, ТЕФ.

**Научный руководитель:** НИКОЛАЕНКО Юрий Егорович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник кафедры АЭС и ИТФ, ТЭФ.

**Scientific advisor:** Nikolaenko Yu. E., doctor of technical sciences, senior researcher, leading researcher of the Sub-department "Nuclear power stations and engineering thermal physics" of Heat-and-Power Engineering Department..

### **3. Суть розробки, основні результати: (укр.)**

На освітлення в Україні витрачається до 30 % електроенергії, що виробляється, тому проблема енергозбереження в освітленні стоїть дуже гостро. Впровадження енергозберігаючих технологій в системи внутрішнього освітлення приміщень дозволить забезпечити значну економію електроенергії та покращити екологічний стан за рахунок зменшення викидів теплових електростанцій в навколишнє середовище.

Забезпечити енергозбереження в освітленні можна шляхом впровадження світлодіодних джерел світла, світлова віддача яких в 10 разів перевищує світловіддачу ламп розжарювання та в 2 рази - компактних люмінесцентних ламп, що містять ртуть.

Основною проблемою при створенні енергозберігаючих освітлювальних систем для внутрішнього освітлення приміщень за допомогою використання в існуючих люстрах світлодіодних ламп прямої заміни є недостатня ефективність відведення теплоти від світлодіодів лампи, що обмежує їхню потужність на рівні 8-12 Вт, а, відповідно, обмежує і світловий потік. Тому можливості їх використання в традиційних люстрах замість ламп розжарювання для освітлення сучасних приміщень є обмеженими і стримуються не вирішеною проблемою тепловідведення.

В даній науково-дослідній роботі вперше у світі запропоновано та реалізовано принципово новий підхід до побудови потужних енергоефективних світлодіодних люстр для внутрішнього освітлення приміщень, що полягає у виконанні елементів декоративного каркасу люстри у вигляді високоефективних теплопередавальних пристроїв - теплових труб і використанні як джерела світла світлодіодних модулів. Завдяки цьому потужність світлодіодних модулів (24 Вт) і випромінюваний ними світловий потік збільшені в 2-3 рази, у порівнянні із використанням в люстрах світлодіодних ламп прямої заміни потужністю 8-12 Вт. Це дозволяє в 2-3 рази зменшити кількість люстр, необхідних для внутрішнього освітлення приміщень. При випромінюванні однакового світлового потоку споживання електроенергії (120 Вт) в розробленій 5 рожковій люстрі в 5-10 разів менше, ніж при використанні в люстрі ламп розжарювання (600-1200 Вт). За рахунок зменшення енергоспоживання досягається зменшення обсягів шкідливих викидів теплових електростанцій та зниження рівня забруднення навколишнього середовища.

Виготовлено діючий макет світлодіодної люстри з тепловими трубами. Експериментально отримано: нові залежності температури світлодіодних модулів від теплового потоку в умовах вільної та вимушеної конвекції; значення максимального

теплого потока, який може передати система тепловідведення від світлодіодних модулів; значення коефіцієнтів теплообміну в зонах нагріву та конденсації теплових труб; вплив орієнтації теплових труб на теплові характеристики; значення контактного термічного опору між світлодіодним модулем та тепловою трубою.

Розроблено ескізну конструкторську документацію на макет люстри та методику інженерного розрахунку теплових характеристик люстри.

**Суть разработки, основные результаты:**  
**(рос.)**

На освещение в Украине тратится до 30 % электроэнергии, которая вырабатывается, поэтому проблема энергосбережения в освещении стоит очень остро. Внедрение энергосберегающих технологий в системы внутреннего освещения помещений позволит обеспечить значительную экономию электроэнергии и улучшить экологическое состояние за счет уменьшения выбросов тепловых электростанций в окружающую среду.

Обеспечить энергосбережение в освещении можно путем внедрения светодиодных источников света, световая отдача которых в 10 раз превышает светоотдачу ламп накаливания и в 2 раза - компактных люминесцентных ламп, содержащих ртуть.

Основной проблемой при создании энергосберегающих осветительных систем для внутреннего освещения помещений с помощью использования в существующих люстрах светодиодных ламп прямой замены является недостаточная эффективность отвода теплоты от светодиодов лампы, что ограничивает их мощность на уровне 8-12 Вт, а, соответственно, ограничивает и световой поток. Поэтому возможности их использования в традиционных люстрах вместо ламп накаливания для освещения современных помещений являются ограниченными и сдерживаются нерешенностью проблемы отвода теплоты.

В данной научно-исследовательской работе впервые в мире предложен и реализован принципиально новый подход к построению мощных энергоэффективных светодиодных люстр для внутреннего освещения помещений, который состоит в выполнении элементов декоративного каркаса люстры в виде высокоэффективных теплопередающих устройств - тепловых труб и использовании как источника света светодиодных модулей. Благодаря этому мощность светодиодных модулей (24 Вт) и излучаемый ими световой поток увеличены в 2-3 раза, по сравнению с использованием в люстрах светодиодных ламп прямой замены мощностью 8-12 Вт. Это позволяет в 2-3 раза уменьшить количество люстр, необходимых для внутреннего освещения помещений. При излучении одинакового светового потока потребления электроэнергии (120 Вт) в разработанной 5 рожковой люстре в 5-10 раз меньше, чем при использовании в люстре ламп накаливания (600-1200 Вт). За счет уменьшения энергопотребления достигается уменьшения объемов вредных выбросов тепловых электростанций и снижение уровня загрязнения окружающей среды.

Изготовлен действующий макет светодиодной люстры с тепловыми трубами. Экспериментально получены: новые зависимости температуры светодиодных модулей от теплового потока в условиях свободной и вынужденной конвекции; значение максимального теплового потока, который может передать система теплоотвода от светодиодных модулей; значения коэффициентов теплообмена в зонах нагрева и конденсации тепловых труб; влияние ориентации тепловых труб на тепловые характеристики; значение контактного термического сопротивления между светодиодным модулем и тепловой трубой.

Разработана эскизная конструкторская документация на макет люстры и методика инженерного расчета тепловых характеристик люстры.

**The essence of development, the main results:**  
**(англ.)**

Up to 30% of the produced electricity is being spent on the lighting in Ukraine. Therefore, the problem of energy saving in lighting stands very seriously. Introduction of energy-saving

technologies in the internal lighting systems will provide significant energy savings and improve the ecological condition by reducing atmospheric discharges of thermal power plants.

It is possible to achieve energy saving in lighting by introducing LED-based light sources, the luminous efficiency of which is 10 times the light output of incandescent lamps and 2 times – the compact fluorescent lamps, which contain mercury.

The main problem in creating energy-efficient lighting systems for indoor lighting by using LED lamps of direct replacement in existing chandeliers is the insufficiency of heat removal from LEDs of the lamp, which limits their power to 8–12 Watts, and restricts the luminous flux accordingly. Therefore, the possibilities of the use of direct replacement lamps instead of incandescent ones in traditional chandeliers as the lighting facilities for modern premises are limited and hampered by the unresolved problem of heat removal.

In this research work the world's first new approach is proposed and implemented for building a strongly energy-efficient LED chandelier for indoor lighting of premises. The approach consists in the implementation of elements of the decorative frame of the chandelier in the form of high-performance heat transfer devices - heat pipes, and using LED modules as a light source. As a result, the LED modules power (24 W) and their emitted light output is increased by 2-3 times as compared to the case when 8-12 Watts direct replacement LED bulbs are used in the same chandeliers. This allows reducing the number of chandeliers required for indoor lighting by 2 to 3 times. At the same luminous radiation flux the power consumption (120 W) of the developed 5-jar chandelier is 5-10 times less than the consumption of the chandelier with incandescent bulbs (600-1200 watts). By reducing the power consumption, a reduction of the volume of harmful emissions on thermal power stations is achieved as well as the reduction of environmental pollution.

A model LED chandelier with heat pipes was produced. The following results were obtained experimentally: new dependencies of the LED modules temperature on the heat flux in a free and forced convection regimes; the value of the maximum heat flux, which can be transmitted from the LED modules by the heat removal system; the coefficients of heat transfer in the heating and condensation zones of heat pipes; the influence of the heat pipe orientation on the thermal characteristics; the value of the contact thermal resistance between the LED module and the heat pipe.

Sketching design documentation was developed for the layout of chandeliers and engineering methods for calculation of the chandelier thermal characteristics.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності:**

##### **- патенти**

1. Патент на полезную модель № 141494. Российская Федерация. Светодиодное осветительное устройство / Ю.Е. Николаенко, Б.М. Рассамкин, С.М. Хайрмасов, В.Ю. Кравец; Опубл. 10.06.2014. Бюл. № 16.

2. Патент на корисну модель № 95070, Україна. Світлодіодний модуль / А.С. Постол, Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравец, О.С. Алексеїк, Д.В. Козак; Опубл. 10.12.2014. Бюл. № 23.

3. Патент на корисну модель № 87132, Україна. Спосіб виготовлення комбінованої випаровувально-конденсаційної системи / О.П. Нищик, О.М. Гершуні, Ю.Є. Ніколаєнко, Є.М. Письменний; Опубл. 27.01.2014. Бюл. № 2.

4. Патент на винахід № 105603, Україна. Світлодіодна люстра // Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравец, О.Я. Паламарчук, Е.С. Алексеїк, Р.С. Мельник, Т.Ю. Ніколаєнко, Д.В. Кравец; Опубл. 26.05.2014. Бюл. № 10.

5. Патент на корисну модель № 95741, МПК Україна. Спосіб виготовлення теплової труби / П.С. Нікітюк, Ю.Є. Ніколаєнко, В.Ю. Кравец, О.Я. Паламарчук, Ю.О. Хмельов, Д.В. Кравец; Опубл. 12.01.2015. Бюл. № 1.

6. Патент на корисну модель № 101963, МПК Україна. Світлодіодна люстра з комбінованим електроживленням / Ю.Є. Ніколаєнко, Ю.О. Хмельов, Д.А. Герасименко, Т.Ю. Ніколаєнко; Опубл. 12.10.2015. Бюл. № 19.

7. Патент на полезную модель № 152781, Российская Федерация. Светодиодный модуль

/ Ю.Е. Николаенко, В.Ю. Кравец, А.С. Постол, Е.С. Алексеик, А.И. Руденко, Ю.А. Хмелев; Опубл. 20.06.2015. Бюл. № 17.

8. Патент на корисну модель № 94136, Україна. Світлодіодна лампа-світильник / А.М. Наумова, Ю.С. Николаенко, В.Ю. Кравець, В.М. Сорочкін, В.П. Копнін, А.Ф. Серий; Опубл. 27.10.2014. Бюл. № 20.

### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Отримані результати відповідають світовому рівню. Світлодіодних люстр, декоративний каркас яких з метою підвищення ефективності відведення теплоти від світлодіодних модулів виконано з теплових труб, серед світових аналогів не виявлено.

Провідні світові компанії ідуть шляхом використання в традиційних люстрах світлодіодних ламп прямої заміни і всі зусилля спрямовують на удосконалення таких ламп.

Відомі поодинокі патентні рішення в США, які можна вважати аналогами, в яких застосовуються замість ламп прямої заміни світлодіодні модулі (патент США № 7976202 В2, МПК (2006.01) F21V 29/00, опубл. 12.07.2011 р.). Відповідно до патенту, в підвісній люстрі світлодіодні модулі виконано у вигляді світлодіодів, встановлених з забезпеченням теплового контакту на алюмінієвому монтажному модулі з плоскими поверхнями та відігнутими під кутом до них ребрами охолодження. Монтажний модуль розміщено вертикально всередині плафону, виконаного у вигляді підвісного прозорого ковпака. Тепло, що виділяється при роботі світлодіодів люстри, передається за рахунок теплопровідності алюмінієвого монтажного модуля його ребрам охолодження та відводиться від них до повітря під ковпаком за рахунок природної конвекції. Нагріте повітря виходить з під ковпака назовні крізь щілинний отвір у верхній частині ковпака, а замість нього знизу під ковпак надходить більш холодне повітря. Недоліком такої люстри є недостатня ефективність охолодження світлодіодів при підвищенні їхньої потужності, що обумовлено обмеженістю поверхні теплообміну монтажного модуля під ковпаком та поганими умовами відводу теплоти з під ковпака люстри. Так, при термічному опорі кондуктивної теплопередачі по монтажному модулю 160 °С/Вт температура світлодіода досягне значення 80 °С при його потужності всього 0,5 Вт.

В іншій світлодіодній люстрі (патентна заявка США № 20120049765 А1, МПК (2006.01) H05B 37/00, H01K 1/30, опубл. 01.03.2012 р.) в каркасі традиційної люстри з декоративними елементами замість ламп розжарювання встановлено світлодіодні лампи у вигляді свічок. Недоліком люстри є обмеженість потужності її світлодіодних ламп на рівні від 8,3 до 16,7 Вт, що обумовлено недостатньою ефективністю системи тепловідведення від світлодіодів до оточуючого повітря шляхом теплопровідності складеної конструкції трубчастого корпусу лампи та природної конвекції повітря.

На відміну від цих аналогів, в розробленій люстрі з тепловими трубами потужність світлодіодних модулів складає щонайменше 24 Вт, що значно перевищує потужність світлодіодних модулів у відомих люстрах-аналогах.

### **6. Економічна привабливість розробки для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).**

В результаті виконання роботи експериментально на діючому макеті світлодіодної люстри з тепловими трубами і світлодіодними модулями підтверджена можливість підвищення, щонайменше вдвічі, її потужності, а відповідно, і світлового потоку, в порівнянні з використанням в люстрах світлодіодних ламп прямої заміни, та в 10 разів – в порівнянні з використанням ламп розжарювання.

Орієнтовну економічну ефективність впровадження світлодіодних люстр з тепловими трубами та світлодіодними модулями для внутрішнього освітлення житлових приміщень замість використання в люстрах традиційних ламп розжарювання можна проілюструвати наступним розрахунком. Так, у 2013 році в Україні збудовано більше 10 млн. кв. м. житла, що в перерахунку на двокімнатні квартири площею 65 кв. м. становить 153,8 тис квартир.

Оснащення двох кімнат такої кількості квартир енергозбірними люстрами з чотирма ріжками загальною потужністю 100 Вт кожна забезпечило б економію електроенергії при роботі люстр протягом 4 годин на добу  $(1000-100) \times 4 \times 365 \times 2 \times 153800 = 404,186$  млн кВт·год на рік, що у вартісних показниках (0,456 грн за 1 кВт·год) становить 184 млн. 308 тис. 816 грн., та зменшення викидів CO<sub>2</sub> від електростанцій на 228,4 тис. тон.

Витрати, що необхідні для просування розробки на ринок (проведення дослідно-конструкторських робіт, маркетингових досліджень, виготовлення дослідних партій та їх випробувань, підготовки виробництва тощо), оцінити складно, але можна передбачити, що вони будуть значно меншими, ніж очікувана економічна ефективність від впровадження розроблених люстр лише в новобудовах одного року в м. Києві.

**7. Потенційні користувачі** (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Потенційними галузями застосування результатів роботи є - світлотехніка, житлове будівництво, електроніка, приладобудування, промислова теплотехніка, альтернативна енергетика тощо.

Створена в даній науково-дослідній роботі науково-технічна продукція є науково-технологічною основою для подальшого проведення дослідно-конструкторських робіт з розробки відповідної робочої конструкторсько-технологічної документації на типові конструкції енергоефективних освітлювальних приладів на основі теплових труб та світлодіодних джерел світла для багатьох сфер застосування.

Потенційними користувачами результатів роботи можуть бути науково-дослідні інститути, конструкторські і проектні організації, промислові підприємства України та інших країн, приватні підприємства, які розробляють нові, більш енергоефективні освітлювальні прилади для освітлення приміщень та інших сфер застосування, наприклад, шахтних світлодіодних світильників тощо. В якості прикладів можна назвати підприємства, що входять до Асоціації виробників світлодіодної техніки: ОСП Корпорація «Ватра», м. Тернопіль, ТОВ «АТЛЮС», м. Чернігів, ПАТ "ЧЕЗАРА" м. Чернігів, підприємства електронної та машинобудівної галузей – завод «Меридіан», м. Київ, ДП «НДІ» Гелій», м. Вінниця; ДНВП «Електронмаш», м. Київ (в частині виробництва світлодіодних модулів та освітлювальних приладів) та ін.

## **8. Стан готовності розробки.**

Розроблено методику інженерного розрахунку теплових характеристик світлодіодних люстр з тепловими трубами. Розроблено ескізну конструкторську документацію на макет п'яти ріжкової люстри, виготовлено діючий макет люстри.

## **9. Існуючі результати впровадження.**

Укладено ліцензійний договір про надання права на використання об'єкта права інтелектуальної власності: корисної моделі «Світлодіодний модуль», який охороняється патентом України № 95070 від 10 грудня 2014 р. Результати роботи використано в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України.

Результати роботи № 2720-п впроваджено в навчальний процес на кафедрі АЕС і ІТФ теплоенергетичного факультету: запроваджено новий лекційний курс «Нетрадиційні джерела енергії» (розділ «Сонячна енергетика»); використано при оновленні циклу лабораторних робіт з лекційного курсу «Технічні засоби теплофізичного експерименту».

**10. Форма участі інвестора** (яка краща форма участі в реалізації результатів проекту інвестора: частка в проекті %, частка від прибутку %, інше)

Кращою формою участі інвесторів було б придбання ліцензій на право використання об'єктів права інтелектуальної власності, створених при виконанні роботи, та налагодження

промислового виробництва енергоефективних люстр та інших освітлювальних приладів на основі теплових труб та світлодіодних джерел світла.

**11. Обсяг інвестицій** (необхідна для результатів проекту сума інвестицій у доларах США).

Визначається інвестором.

**12. Мета інвестицій** (розширення бізнесу, створення нового підприємства, інше).

Розробка дослідних зразків та дослідних партій люстр, проведення випробувань та налагодження промислового виробництва.

**13. Назва підрозділу, телефон, e-mail:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" (НТУУ "КПІ"), теплоенергетичний факультет (ТЕФ), кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики (АЕС і ІТФ), робочий тел. факс: (044) 454-95-26, [nirtef@kpi.ua](mailto:nirtef@kpi.ua)

**14. Фото розробки**



Зовнішній вигляд діючого макету п'яти ріжкової світлодіодної люстри з тепловими трубами

**15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:**

- опубліковані статті:

1. Наумова А.Н. Физическое представление и расчет начала кипения в пульсационной тепловой трубе / А.Н. Наумова, В.Ю. Кравец, Ю.Е. Николаенко // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2014. – № 2-3. – С. 42-47. (РИНЦ. Фахове видання).
2. Лозовой М.А. Исследование рабочих характеристик тепловых труб для светодиодных осветительных приборов / М.А. Лозовой, Ю.Е. Николаенко, Б.М. Рассамкин, С.М. Хайрнасов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2014. – № 5-6. – С. 40–46. (РИНЦ. Фахове видання).
3. Методика розрахунку одно- та двоярусних мікрощілинних теплообмінників / Е.С. Малкін, Ю.Е. Ніколаєнко, І.Е. Фуртат, А.В. Тимошенко, М.І. Дьячков. // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник / Гол. ред. Малкін Е.С. – Вип.17. – К.: КНУБА, 2014. – С. 71-76. (Фахове видання).
4. Кравец В.Ю. Интенсивность теплоотдачи в зоне испарения двухфазных термосифонов / В.Ю. Кравец, В.И. Коньшин, Н.С. Ванеева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Кравец В.Ю., Коньшин В.И., Ванеева Н.С. – 2014. – Вып. 2/5(68) . – С.45-50. (Index Copernicus).
5. Робочі характеристики алюмінієвих термосифонів для комбінованого сонячного колектору / С.М. Хайрнасов, Б.М. Рассамкін, Є. С. Алексєїк, А. А. Анісімова // Наукові вісті. – 2014. – №6. – С. 42-49. (РИНЦ. Фахове видання).
6. Khairnasov Sergii. Buildings Facade Photovoltaic-Thermal Collectors based on Aluminum Heat Pipes / Sergii Khairnasov, Boris Rassamakin, Dmytro Kozak and Alyona Naumova // Journal of Civil Engineering and Architecture Research. – 2014. – Vol. 1, No.3. – P. 151 - 156.
7. Khairnasov, S. Analyzing the Efficiency of Photovoltaic-Thermal Solar Collector Based on Heat Pipes / Khairnasov, S. // Applied Solar Energy. – 2014. – Vol. 50, No.1. – P. 10 - 15.
8. Николаенко Т. Ю. Новые схемно-технические решения для теплового конструирования люстр со светодиодами / Т.Ю. Николаенко, Ю.Е. Николаенко // Светотехника. – 2015. – № 2. – С. 48–50. (РИНЦ).
9. Наумова А.Н. Охлаждение светодиодной платы с помощью различных теплоотводов / А.Н. Наумова, Ю.Е. Николаенко, В.Ю. Кравец, В.М. Сорокин, А.С. Олейник // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2015. – № 5-6. – (Принята к печати). (РИНЦ. Фахове видання).
10. Хайрнасов С.М. Применение тепловых труб в системах обеспечения тепловых режимов РЭА: современное состояние и перспективы / С.М. Хайрнасов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2015. – № 2-3. – С. 19–33. (РИНЦ. Фахове видання).
11. Nikolaenko Timofei Yu. New circuit solutions for the thermal design of chandeliers with Light Emitting Diodes / Timofei Yu. Nikolaenko, Yuri E. Nikolaenko // Light & Engineering. – 2015. – Vol. 23, № 3. – P. 85-88. ISSN 0236-2945. (SCOPUS).

**- опубліковані тези доповідей:**

1. Мельник Р.С. Особенности новой конструкции светодиодного осветительного прибора с комбинированной системой охлаждения / Р.С. Мельник, Ю.Е. Николаенко, В.Ю. Кравец, А.Я. Паламарчук, Е.С. Алексеик, Т.Ю. Николаенко, Д.В. Кравец // Труды XV международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии”, 26-30 мая 2014 г. – Т. II. – Одесса. – С. 22-23. (РИНЦ).
2. Николаенко Ю.Е. Пути снижения температуры кристалла светодиода в составе люстры с алюминиевыми тепловыми трубами / Ю.Е. Николаенко, Е.В. Быков, М.А. Лозовой, С.М. Хайрнасов, Ю.А. Хмелев // Труды XV международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии”, 26-30 мая 2014 г. – Т. II. – Одесса. – С. 24-25. (РИНЦ).
3. Наумова А.М. Физическое представление и математическая модель для расчета

начала кипения в пульсационной тепловой трубе / А.Н. Наумова, В.Ю. Кравец // Труды XV международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии”, 26-30 мая 2014 г. – Т. II. – Одесса. – С. 20-21. (РИНЦ).

4. Нікітюк П.С. Використання світлодіодів для освітлення приміщень / П.С. Нікітюк, Ю.Є. Ніколаєнко // Тези доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», НТУУ «КПІ», 22 – 25 квітня 2014 р., том 1. – С. 69. Режим доступу: [http://www.tef.kpi.ua/konf/tez\\_2014\\_1\\_67.pdf](http://www.tef.kpi.ua/konf/tez_2014_1_67.pdf)

5. Мельник Р.С. Выбор материалов, капиллярных структур и теплоносителей для тепловых труб светодиодных люстр / Р.С. Мельник, Ю.Е. Николаенко // Тези доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», НТУУ «КПІ», 22 – 25 квітня 2014 р., том 1. – С. 66. Режим доступу: [http://www.tef.kpi.ua/konf/tez\\_2014\\_1\\_64.pdf](http://www.tef.kpi.ua/konf/tez_2014_1_64.pdf)

6. Наумова А.М. Обзор систем, применяемых для охлаждения светодиодов / А.М. Наумова, Ю.Е. Николаенко // Тези доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», НТУУ «КПІ», 22 – 25 квітня 2014 р., том 1. – С. 90. Режим доступу: [http://www.tef.kpi.ua/konf/tez\\_2014\\_1\\_88.pdf](http://www.tef.kpi.ua/konf/tez_2014_1_88.pdf)

7. Лозовой М.О. Вибір теплоносія та капілярної структури в алюмінієвих теплових трубах для охолодження світлодіодних освітлювальних приладів / М.О. Лозовой, С.М. Хайрнасоев // Тези доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», НТУУ «КПІ», 22 – 25 квітня 2014 р., том 1. – С. 64.

Режим доступу: [http://www.tef.kpi.ua/konf/tez\\_2014\\_1\\_62.pdf](http://www.tef.kpi.ua/konf/tez_2014_1_62.pdf)

8. Сорокин В.М. Перспективы использования тепловых труб в системах теплоотвода светодиодных осветительных приборов бытового и промышленного применения / В.М. Сорокин, Ю.Е. Николаенко // Виставка світлодіодних рішень “LEDExpo Ukraine 2014”, у рамках виставки: Конференція LED Progress “Світлодіоди – Новинки. Практика. Перспективи”. 10-12 вересня, Київ, МВЦ, Броварський пр-т, 15. Офіційний каталог. – С. 39-40.

9. Постол А.С. Контактний термічний опір системи тепловідводу світлодіодного модуля / А.С. Постол, Ю.Є. Ніколаєнко // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 21 – 24 квітня 2015 р. У 2 т. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – Т. 1. – 188 с. – С. 75. - ISBN 978-966-622-697-9 (Заг.), ISBN 978-966-622-695-5 (Т. 1).

Режим доступу: [http://www.tef.kpi.ua/konf/tez\\_2015\\_1\\_75.pdf](http://www.tef.kpi.ua/konf/tez_2015_1_75.pdf)

10. Нікітюк П.С. Технологічне вирішення проблеми виготовлення довгомірних теплових труб з МВКС / П.С. Нікітюк, Ю.Є. Ніколаєнко // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 21 – 24 квітня 2015 р. У 2 т. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – Т. 1. – 188 с. – С. 74. - ISBN 978-966-622-697-9 (Заг.), ISBN 978-966-622-695-5 (Т. 1). Режим доступу: [http://www.tef.kpi.ua/konf/tez\\_2015\\_1\\_74.pdf](http://www.tef.kpi.ua/konf/tez_2015_1_74.pdf)

11. Лозовий М.О. Світлодіодний світильник з тепловими трубами / М.О. Лозовий, Ю.Є. Ніколаєнко // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 21 – 24 квітня 2015 р. У 2 т. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – Т. 1. – 188 с. – С. 70. - ISBN 978-966-622-697-9 (Заг.), ISBN 978-966-622-695-5 (Т. 1).

Режим доступу: [http://www.tef.kpi.ua/konf/tez\\_2015\\_1\\_70.pdf](http://www.tef.kpi.ua/konf/tez_2015_1_70.pdf)

12. Наумова А.Н. Влияние длины зоны нагрева на тепловые характеристики тепловой трубы / А.Н. Наумова, Ю.Е. Николаенко, В.Ю. Кравец, А.Я. Паламарчук // Труды XVI международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии”, 25-29 мая 2015 г. – Одесса. – С. 154-155. (РИНЦ).



13. Никитюк П.С. Новая технология изготовления тепловой трубы / П.С. Никитюк, Ю.Е. Николаенко, В.Ю. Кравец, А.Я. Паламарчук, Ю.А. Хмелев, Д.В. Кравец // Труды XVI международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии”, 25-29 мая 2015 г. – Одесса. – С. 148-149. (РИНЦ).

14. Постол А.С. Контактное термическое сопротивление в зоне резьбового соединения светодиодного модуля с теплоотводом / А.С. Постол, Ю.Е. Николаенко, В.Ю. Кравец, Е.С. Алексеик, С. М. Данилович // Труды XVI международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии”, 25-29 мая 2015 г. – Одесса. – С. 156-157. (РИНЦ).

15. Николаенко Ю.Е. Новый тип светодиодных модулей с теплоотводом на основе тепловой трубы / Ю.Е. Николаенко // Виставка світлодіодних рішень “LEDExpo Ukraine 2015”, у рамках виставки: Конференція LED Progress “Світлодіоди – Новинки. Практика. Перспективи”. 16-18 вересня, Київ, КиївЕкспоПлаза, вул. Салютная 2-Б. Офіційний каталог. – С. 32-33.

16. Khairnasov S. M. Investigation of characteristics of heat pipes for LED lightning device / S. M. Khairnasov, Yu. E. Nikolaenko, V. M. Rassamakin, M. A. Lozovoi // Proceedings of the IX Minsk International Seminar “Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources”, Held in Minsk, Belarus, 07-10 September 2015. Vol. 2. – Minsk. 2015. – P. 78-85. ISBN 978-985-6456-99-5.

**16. Ключові слова до розробки:** Освітлення приміщень, Освітлювальний прилад, Люстра, Світлодіод, Світлодіодний модуль, Теплова труба, Теплообмін, Тепловий потік, Термічний опір.